

техническое обслуживание двигателя и редуктора. Обследования показали, что каждый капитальный ремонт двигателя снижает его КПД на 10–20 % по сравнению с номинальным значением. Не менее важна для энергосбережения рациональная организация технологического процесса и эффективная работа приводимых механизмов и технологических установок. В частности, следует по возможности сокращать время работы двигателей на холостом ходу и при неполной нагрузке (грузоподъемные механизмы, конвейеры), воздухопроводы и трубопроводы должны обеспечивать минимальное аэродинамическое и гидравлическое сопротивление и исключать утечки воздуха и жидкости (вентиляторные установки, насосы) и т. п., в некоторых случаях может быть рекомендован отказ от промежуточных передач и переход к безредукторному приводу.

Таким образом, рациональное электропотребление нетяговых потребителей способствует повышению эффективности использования энергетических ресурсов на нетяговые нужды.

#### Список использованных источников

1. Евразия Вести [Электронный ресурс]. URL: <http://www.eav.ru/publ1.php?publid=2013-02a06> (дата обращения 17.11.17).
2. Энергосбережение на железнодорожном транспорте: учебник для вузов / под ред. В. А. Гапановича. М. : Изд. Дом МИСиС, 2012. 620 с.
3. Пилипенко Н. В., Сиваков И. А. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности инженерных систем и сетей: учебное пособие. – СПб. : НИУ ИТМО, 2013. –274 с.

УДК 536. 2(075)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛООБМЕННИКОВ ИЗ ОРЕБРЕННЫХ ТРУБ**

## **INVESTIGATION OF THERMAL EFFICIENCY OF HEAT EXCHANGERS FROM FINNED PIPES**

Ткачев В. К., Доронин А. С., Еремин А. В.  
Самарский государственный технический университет, г. Самара,  
Tkachev.VK@samgtu.ru

Tkachev V. K., Doronin A. S., Eremin A. V.  
SamaraStateTechnicalUniversity, Samara

**Аннотация:** В работе исследована конструкция теплообменника, оребренного с внешней (газовой) стороны, и произведен расчет тепловой эффективности. По результатам эксперимента, проведенного в условиях естественной конвекции, мощность теплообменника оказалась равной 653 Вт. В случае вынужденной конвекции со скоростью движения воздуха 1,5 м/с мощность теплообменника увеличивается до 904 Вт. Проведенные исследования могут быть использованы при проектировании теплообменников для парогенераторов и водогрейных котлов.

**Abstract:** The design of a heat exchanger finned from the external (gas) side and the calculation of thermal efficiency are studied. According to the results of an experiment conducted under conditions of natural convection, the capacity of the heat exchanger was equal to 653 W. In the case of forced convection with air speed of 1.5 m/s power of the heat exchanger is increased to 904 W. The conducted research could be used in the design of heat exchangers for steam generators and hot water boilers.

**Ключевые слова:** мощность теплообменника, экспериментальная установка, естественная и вынужденная конвекция, коэффициенты теплоотдачи.

**Key words:** heat exchanger power, experimental setup, natural and forced convection, heat transfer coefficients.

В настоящее время много внимания уделяется вопросам энергосбережения и энергоэффективности. Разрабатываются и внедряются новые технологии и энергетические установки.

Эффективность энергетических установок, предназначенных для нагрева жидкостей, существенно зависит от применяемых в них теплообменников. Сложность их расчета связана с неопределенностью граничных условий теплообмена, включающих коэффициенты теплоотдачи с внутренней и наружной стороны.

Теоретические методы их определения с точностью, достаточной для инженерных приложений, практически отсутствуют. В связи с чем наиболее надежным методом определения коэффициентов теплоотдачи является натурный эксперимент [1–4].

По известной мощности и заданных поверхностях теплообмена могут быть найдены средние коэффициенты теплоотдачи.

Для выполнения такого вида исследований была изготовлена экспериментальная установка (рис. 1).

Принцип работы установки состоит в следующем. Нагретая в котле 1 вода насосом 7 подается в отопительный прибор (теплообменник) 2, мощность которого необходимо определить. Расход воды, давление и температура на входе и выходе из теплообменника определяются измерительными приборами 3, 4, 5. Для предотвращения повышения давления сверх допустимых величин применен экспанзомат. При превышении давления в системе более 3 атм срабатывает предохранительный аварийный клапан 10. Для удаления воздуха из системы используется воздушный клапан 11.

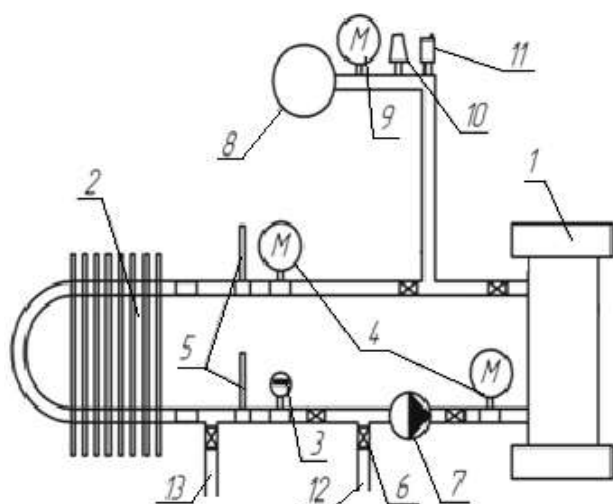


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

1 – электрический котел; 2 – отопительный прибор; 3 – расходомер; 4 – манометры; 5 – термометры; 6 – задвижки; 7 – насос; 8 – экспанзомат (расширительный бак); 9 – манометр; 10 – предохранительный клапан; 11 – воздушник; 12, 13 – трубопроводы подачи и слива воды

Теплообменник, подлежащий исследованию, состоит из четырех последовательно соединенных труб диаметром 0,057 м, оребренных с внешней (газовой) стороны (высота рёбер 0,017 м, толщина 0,002 м, шаг между рёбрами 0,005 м) (рис. 2).

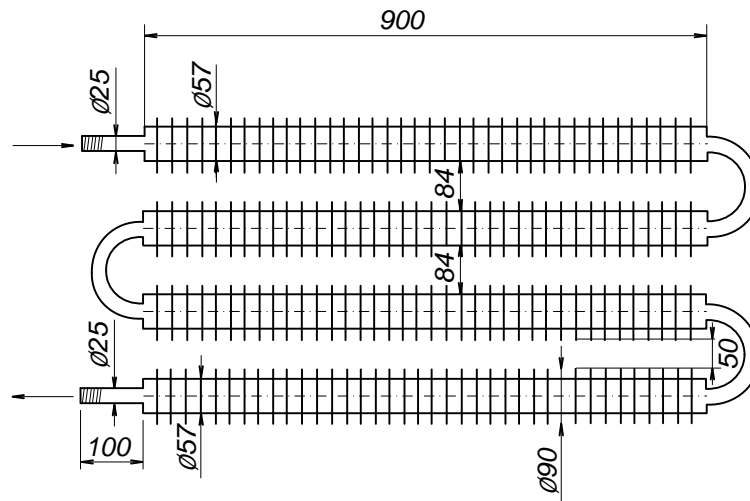


Рис. 2. Теплообменник из оребренных труб

Мощность теплообменника находится по формуле

$$Q_{\text{эксн}} = G \Delta i, \quad (1)$$

где  $Q$  – тепловая мощность, Вт;  $G$  – массовый расход жидкости кг/с;  $\Delta i$  – разность энтальпий на входе и выходе из отопительного прибора, кДж/кг.

Энтальпия воды, используя таблицы её термодинамических свойств, находится по формуле

$$\Delta i = i' - i'' = C_{pm} (t' - t''), \quad (2)$$

где  $C_{pm}$  – средняя изобарная теплоёмкость воды в диапазоне температур от  $t'$  до  $t''$  кДж/(кг·К);  $t'$ ,  $t''$  – температуры воды на входе и выходе из отопительного прибора, К.

Массовый расход определяется по формуле  $G = \rho Q$ , где  $\rho$  – плотность воды, кг/м<sup>3</sup>;  $Q$  – объёмный расход, м<sup>3</sup>/с (определяется с помощью расходомера).

Средний коэффициент теплоотдачи на наружной поверхности теплообменника находится по формуле закона Ньютона–Рихмана

$$\alpha = \frac{Q}{F(t_w - t_a)}, \quad (3)$$

где  $\alpha$  – коэффициент теплоотдачи;  $F$  – площадь поверхности теплообмена;  $t_w$  – температура стенки теплообменника;  $t_a$  – температура воздуха в помещении, где выполняется эксперимент.

При естественной конвекции в результате эксперимента были найдены: массовый расход теплоносителя  $G=0,0112$  кг/с; температура жидкости на входе в теплообменник  $t'=85$  °С; температура жидкости на выходе из теплообменника  $t''=72$  °С; средняя температура поверхности стенки теплообменника  $t_w=78,5$  °С. Площадь поверхности теплообмена с учётом ребер  $F=4,94$  м<sup>2</sup>. Тепловая мощность прибора, определяемая по формуле (1),  $Q=653$  Вт. Коэффициент теплоотдачи согласно формуле (3) равен  $\alpha=2,5$  Вт/(м<sup>2</sup>К).

При обдуве теплообменника потоком воздуха со скоростью 1,5 м/с в результате эксперимента были получены: массовый расход теплоносителя  $G=0,0112$  кг/с; температура жидкости на входе в теплообменник  $t'=85$  °С; температура жидкости на выходе из теплообменника  $t''=67$  °С; средняя температура поверхности стенки теплообменника  $t_w=76$  °С. Тепловая мощность прибора и коэффициент теплоотдачи в данном случае составляют  $Q=904$  Вт и  $\alpha=3,6$  Вт/(м<sup>2</sup>К).

В заключении можно сделать вывод, что в случае вынужденной конвекции при скорости воздуха 1,5 м/с мощность теплообменника возрастает в 1,4 раза и достигает 904 Вт, а коэффициент теплоотдачи, увеличиваясь в 1,44, достигает 3,6 Вт/(м<sup>2</sup>К).

#### Список использованных источников

1. Кудинов В. А., Карташов Э. М., Стефанюк Е. В. Техническая термодинамика и теплопередача: учебник для бакалавров. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Изд-во Юрайт, 2016. – 566 с.
2. Вытчиков Ю. С., Кудинов И. В. Расчет и проектирование водонагревателей. Самара : Самарский государственный архитектурно-строительный университет, 2011. 88 с.
3. Михеев М. А., Михеева И. М. Основы теплопередачи; изд. 2-е, М. : Энергия, 1977. 343 с.

4. Кудинов И. В., Еремин А. В., Сичинава Г. В., Бранфилова А. Н., Ткачев В. К., Курганова О. Ю. Экспериментальное исследование мощности газовой теплообменников // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: технические науки: электронный научный журнал. 2017. № 2 (54). С. 146–153. [Электронный ресурс]. URL: [http://vestnik-teh.samgtu.ru/sites/vestnik-teh.samgtu.ru/files/material/54\\_4\\_energetika\\_2017.pdf](http://vestnik-teh.samgtu.ru/sites/vestnik-teh.samgtu.ru/files/material/54_4_energetika_2017.pdf) (дата обращения: 24.11.2017).

УДК 62-758.36

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ В ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ**

### **PROSPECTS FOR THE USE OF GAS MIXTURES IN THERMAL INSULATION**

Узлов П. С, Краснова Н. П.

Самарский государственный технический университет,  
г. Самара, repin9669@gmail.com

Uzlov P. S, Krasnova N. P

Samara State Technical University, Samara

**Аннотация:** На данный момент существует множество проблем, связанных с теплоизоляцией сетей, и в частности с изоляцией домов, трубопроводов и других сооружений. Поэтому в этой статье представлены оценки газа и их перспективы использования изоляции для домов с изолирующим стеклом. Сравнение этих газов проводилось по нескольким критериям, после чего был сделан соответствующий вывод.

**Abstract:** At the moment, there are many problems associated with the thermal insulation of networks, and in particular with the insulation of houses, pipelines and other structures. Therefore, this article presents gas estimates and their prospects for using insulation for houses with insulating glass. Comparison of these gases was carried out according to several criteria, after which a corresponding conclusion was drawn.